

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemodelan Konversi Motor Induksi menjadi PMSG

Dalam pemodelan konversi motor induksi menjadi PMSG terdapat perhitungan berdasarkan refrensi dari buku dan jurnal untuk mendapatkan nilai dari ukuran dan geometri generator. Untuk tahap awal diperlukan nilai parameter awal sesuai yang kita inginkan.

**Tabel 4.1 Parameter awal motor**

Kecepatan Putar Rotor,	750 rpm (12,5 rps)
Medan Magnet Relatif,	1,2 T
Intensitas Magnet,	12000 A/m
Faktor Belitan,	0,945
Faktor Daya,	0.85

##### 4.1.1 Perencanaan Jumlah Kutub

Dalam perancangan generator fluks radial, perlu adanya menghitung jumlah kutub dan beberapa parameter lainnya yang dibutuhkan. Pada perhitungan awal ini akan menghitung jumlah kutub yang dibutuhkan generator fluks radial dengan persamaan sebagai berikut.

F = Frekuensi 50 Hz

n = Putaran generator 750 rpm

$$P = \frac{120 \times f}{n} \text{ (rpm)}$$

$$P = \frac{120 \times 50}{750} = 8 \text{ kutub}$$



### 4.1.2 Perhitungan Jumlah Lilitan

Tegangan yang dihasilkan generator sangat berpengaruh dari banyaknya jumlah lilitan pada suatu kumparan. Melilit sebuah generator pun harus ada perhitungan dan teknik melilit yang benar sehingga tegangan yang dihasilkan merupakan hasil yang paling tinggi. Untuk menentukan jumlah lilitan yang dibutuhkan maka bisa didapat dari persamaan berikut :

$$N = \frac{E_a \cdot N_s}{4,44 \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot N_{ph}}$$

$$N = \frac{5,19 \cdot 12}{4,44 \cdot 50 \cdot 0,00037364361694 \cdot 3}$$

$$N = 250 \text{ kumparan}$$

Dimana :

$E_a$  = perencanaan tegangan

$f$  = frekuensi 50 Hz

$\Phi_{max}$  = fluks maksimum 0,00037364361694 Wb

$N_s$  = jumlah kumparan 12

$N_{ph}$  = jumlah fasa 3

### 4.1.3 Perencanaan Frekuensi

Perancangan generator fluks aksial ingin menghasilkan frekuensi sebesar 50 Hz, nilai 50 Hz tersebut nilai standart yang ada di Indonesia. Menghitung nilai frekuensi dapat menggunakan persamaan berikut :

Dimana :

$f$  = Frekuensi (Hz)

$n$  = Kecepatan putar rotor (rpm)

$P$  = Jumlah kutub rotor

$$f = \frac{p}{2} \times \frac{n}{60}$$

$$f = \frac{8}{2} \times \frac{750}{60}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

#### 4.1.4 Perancangan Tegangan Keluaran

Generator yang dirancang memiliki 8 buah pasang kutub 3 fasa. Magnet-magnet ini di susun melingkar dengan kutub utara berhimpitan dengan kutub selatan yang saling tarik menarik. Generator uji memiliki 12 buah kumparan yang diseri dalam tiga fasa. Tegangan induksi pada generator yang dibangkitkan dengan rumus sebagai berikut :

$$E_{rms} = 4.44 \times N \times f \times \phi_{max} \times \frac{N_s}{N_{ph}} \text{ (Volt)}$$

Diketahui :

N = jumlah lilitan 250

f = frekuensi 50 Hz

$\phi_{max}$  = fluks maksimum 0,0001110265Wb

Ns = jumlah kumparan 12

Nph = jumlah fasa 3

$$E_{rms} = 4.44 \times N \times f \times \phi_{max} \times \frac{N_s}{N_{ph}} \text{ (Volt)}$$

$$= 4.44 \times 250 \times 50 \times 0,00037364361694 \times 12/3$$

$$E_{rms} = 82,9 \text{ Volt}$$

#### 4.1.5 Perhitungan Daya Generator

Untuk menghitung daya generator maka memerlukan nilai parameter yang telah ditentukan. Perhitungan nilai daya pada generator dapat dihitung dengan persamaan 2.11 sebagai berikut :

$$P = D2L \cdot (0,5 \pi^2) Kw.Ns.Bg.ac.\cos \theta$$

$$P = 0.071552 \cdot 0.04485 (0.5\pi^2) 0.945 \cdot 12.5 \cdot 1.2 \cdot 12000 \cdot 0.8$$

$$P = 154,03 \text{ Watt}$$

#### 4.1.6 Perhitungan Arus Generator

Untuk mencari arus pada generator maka harus mencari daya pada generator terlebih dahulu serta nilai tegangan yang ditentukan. Untuk nilai

daya telah diketahui dari perhitungan yaitu sebesar 154,03 Watt dan nilai tegangan telah diasumsikan sebesar 82,9 Volt, lalu dilakukan perhitungan arus dengan persamaan 2.10 sebagai berikut :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot Nph \cdot Eph}$$

$$I = \frac{154,03}{\sqrt{3} \cdot 3 \cdot 82,9}$$

$$I = 0,35 \text{ A}$$

## 4.2 Pengujian saat Tidak Berbeban

### 4.2.1 Tujuan Pengujian

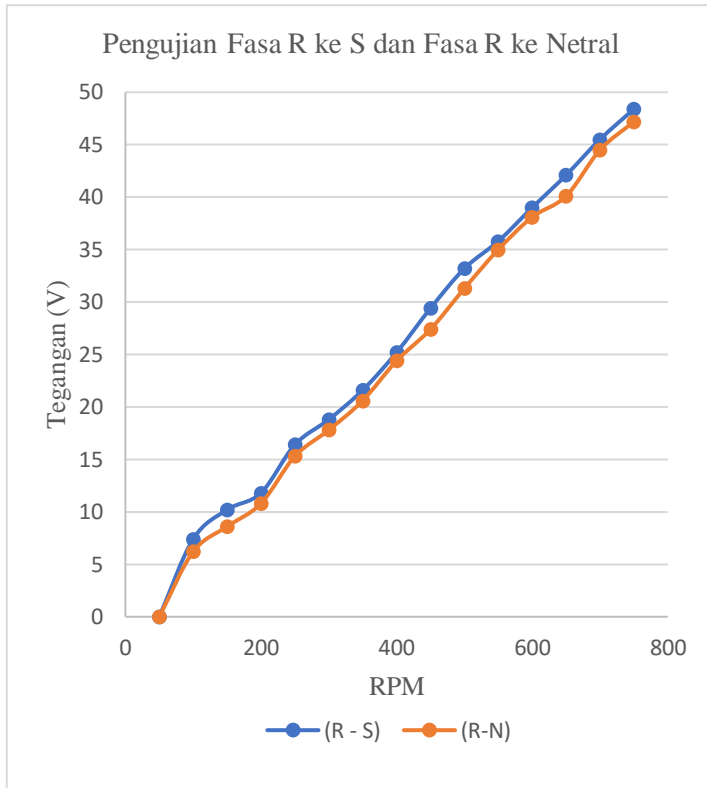
Pengujian ini dilakukan untuk menguji keluaran generator pada saat tidak ada beban sehingga akan terlihat karakteristik murni dari keluaran generator. Pengujian ini akan dilakukan dengan variasi putaran rotor. Variasi putaran rotor yang akan diuji coba adalah 50 rpm – 750 rpm. Pengukuran dari pengujian ini menggunakan alat ukur Voltmeter. Permanent magnet synchronous generator dilakukan pengujian untuk mengetahui perbandingan antara hasil perhitungan dan pengukuran generator. Pengujian alat dilaksanakan pada hari Senin, 26 April 2021. Data yang dihasilkan dari pengujian adalah rpm, tegangan, arus, dan dapat menampilkan gelombang sinusoidal dengan osiloskop. Pelaksanaan pengujian alat dilakukan di Gedung Lab Elektro Laboratorium Konversi Energi Elektrik lantai 1 kampus 2 ITN Malang.

### 4.2.2 Hasil Pengujian line R to S dan Line R to Netral

**Tabel 4.2 Pengujian PMSG Tanpa Beban**

RPM	Tegangan Stator Hubung Delta	
	(R - S)	(R-N)
50	0	0
100	7,4	6,2
150	10,2	8,6
200	11,8	10,8

250	16,4	15,3
300	18,8	17,8
350	21,6	20,6
400	25,2	24,4
450	29,4	27,4
500	33,2	31,3
550	35,8	35
600	39	38,1
650	42,1	40,1
700	45,5	44,5
750	48,4	47,2



**Gambar 4.1 Pengujian Fasa R ke S dan Fasa R ke Netral**

Dari hasil data yang di dapat dari pengujian dapat disimpulkan bahwa tegangan Fasa R ke S dan Fasa R ke Netral berbanding lurus dengan putaran rotor, dimana semakin besar putaran rotor maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar.

Dari grafik pengukuran di atas tegangan dapat dihasilkan pada 100 rpm, karena pada saat di 50 rpm perputaran rotor sangat lambat sehingga tidak dapat mengeluarkan tegangan. Setiap penambahan 50 rpm maka tegangan yang dihasilkan berbanding lurus dengan putaran rotor yaitu mengalami kenaikan.

### 4.2.3 Pengujian Hubung Delta tanpa Beban

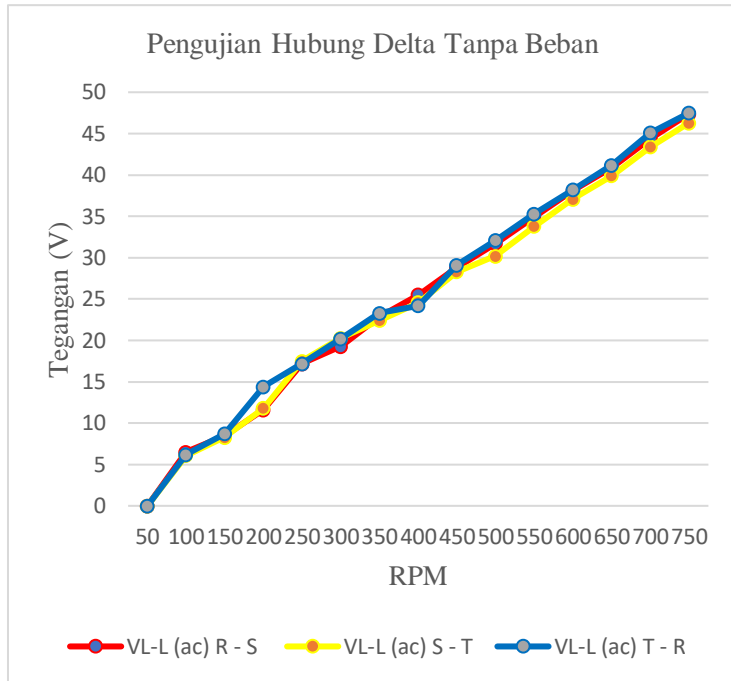
**Tabel 4.3 Pengujian Hubung Delta tanpa Beban**

RPM	VL-L (ac)		
	R - S	S - T	T - R
50	0	0	0
100	6,5	6,1	6,2
150	8,5	8,3	8,7
200	11,6	11,8	14,4
250	17,2	17,5	17,2
300	19,3	20,3	20,2
350	22,9	22,4	23,3
400	25,5	24,6	24,2
450	28,8	28,3	29,1
500	31,7	30,2	32,1
550	34,9	33,8	35,3



600	38,1	37,1	38,2
650	40,9	39,9	41,2
700	44,4	43,4	45,1
750	47,4	46,3	47,5

Berdasarkan tabel diatas bahwasannya kecepatan berbanding lurus dengan nilai tegangan. Semakin tinggi nilai kecepatan (RPM) maka semakin besar pula nilai tegangan yang dihasilkan. Dimana pada kecepatan 50 rpm belum menghasilkan tegangan dikarenakan perputaran yang lambat sehingga belum menghasilkan tegangan. Ketika kecepatan diputar 100 rpm, tegangan baru keluar pada line to line nya. Pada percobaan hubung delta tanpa beban, tegangan yang diinginkan seperti perhitungan belum tercapai. Data dari tabel dapat dilihat pada grafik berikut :



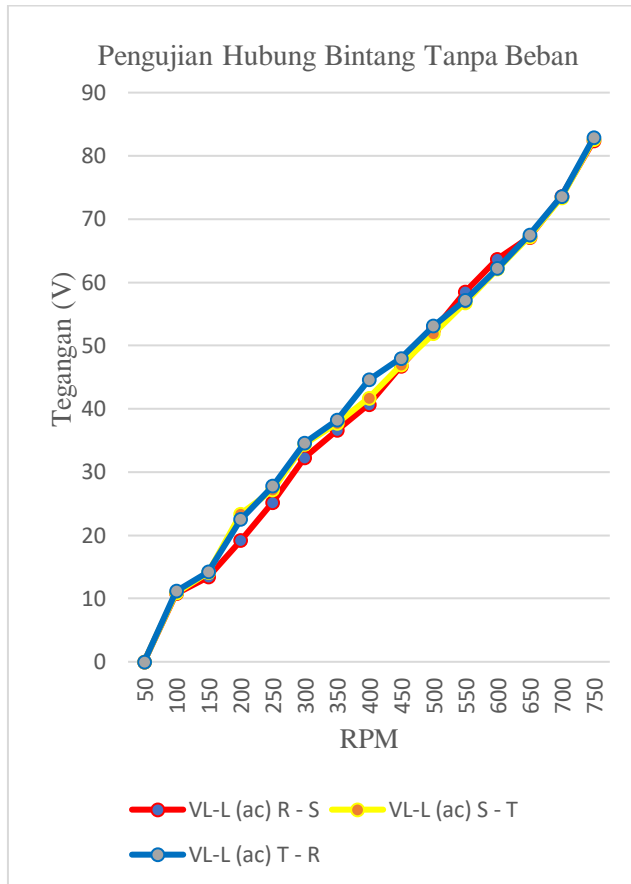
**Gambar 4.2 Pengujian Hubung Delta Tanpa Beban**

Grafik diatas diperoleh dari hasil pengukuran pada 26 April 2021. Ketika kecepatan sudah mencapai di 750 rpm maka tegangan mengalami saturasi atau mencapai nilai maksimum.

#### 4.2.4 Pengujian Hubung Bintang tanpa Beban

**Tabel 4.4 Pengujian Hubung Bintang tanpa Beban**

RPM	VL-L (ac)		
	R - S	S - T	T - R
50	0	0	0
100	10,8	10,9	11,2
150	13,4	14,1	14,2
200	19,2	23,4	22,5
250	25,2	27,2	27,8
300	32,3	34,4	34,6
350	36,6	37,7	38,2
400	40,7	41,7	44,6
450	46,7	46,9	48
500	52,4	51,9	53,1
550	58,5	56,8	57,2
600	63,7	62,1	62,2
650	67,1	67,2	67,5
700	73,6	73,4	73,6
750	82,4	82,6	82,9



**Gambar 4.3 Pengujian Hubung Bintang Tanpa Beban**

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan saat dihubungkan hubungan bintang tegangan lebih besar dikarenakan sambungan bintang adalah jumlah dari tegangan antara ketiga fasa tersebut. Hubung bintang digunakan untuk beban yang membutuhkan daya kecil dan putaran tidak terlalu cepat berbeda dengan hubung delta yang membutuhkan daya besar dan putaran cepat.

### 4.3 Pengujian saat Berbeban

#### 4.3.1 Tujuan Pengujian

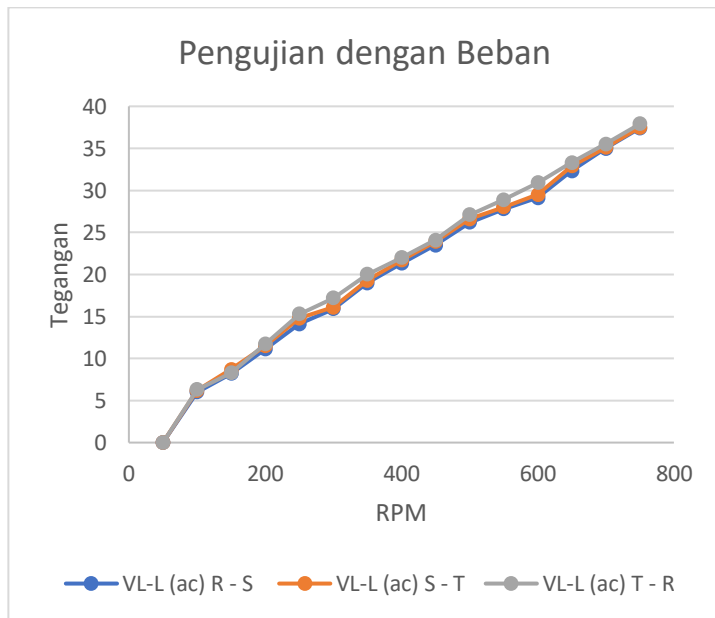
Pada pengujian ini generator saat berbeban ini bertujuan untuk mengetahui kurva karakteristik dari tegangan, dan arus yang akan dihubungkan dengan beban kemudian diukur masukan pada motor dan keluaran generator dengan putaran dan frekuensi tetap yang telah ditentukan. Beban yang diberikan adalah beban berupa 3 Lampu Pijar sebesar 12 watt. Pengujian ini dilakukan dengan putaran rotor 50-750 rpm dengan frekuensi sesuai rpm yang diputar. Generator akan diberikan beban 12 watt secara bertahap dan disusun secara seri. Pada pengujian ini akan dilakukan pengukuran input motor dan output generator.

#### 4.3.2 Hasil Pengujian PMSG Dengan Beban

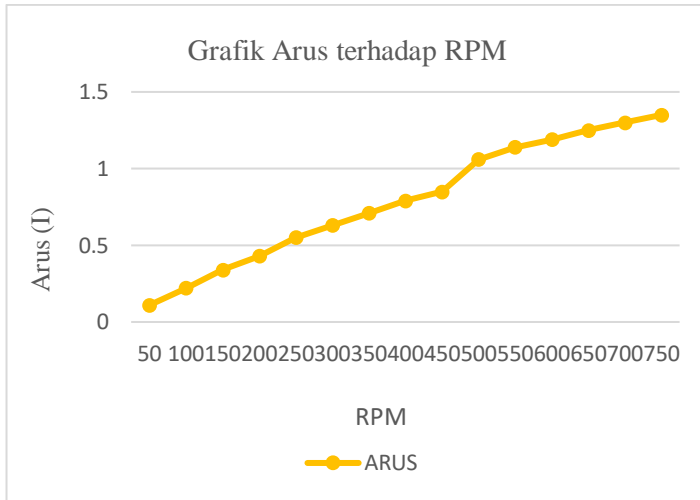
**Tabel 4.5 Pengujian PMSG Dengan Beban**

RPM	VL-L (ac)			ARUS
	R - S	S - T	T - R	
50	0	0	0	0
100	6	6,2	6,3	0,22
150	8,2	8,7	8,3	0,34
200	11,1	11,5	11,7	0,43
250	14,1	14,8	15,3	0,55
300	15,9	16,1	17,2	0,63
350	19	19,3	20	0,71
400	21,3	21,7	22	0,79

450	23,5	23,9	24,1	0,85
500	26,2	26,6	27,1	1,06
550	27,8	28	28,9	1,14
600	29,1	29,5	30,9	1,19
650	32,3	32,9	33,3	1,25
700	35	35,1	35,5	1,3
750	37,4	37,5	37,9	1,35



**Gambar 4.4 Pengujian Dengan Beban Hubung Delta**



**Gambar 4.5 Pengujian PMSG Dengan Beban**

Grafik diatas diperoleh dari hasil pengukuran pada 26 April 2021. Dengan beban 12 volt maka generator minimal berputar pada putaran 250 rpm dengan tegangan keluaran sebesar 14,8 volt. Ketika permanent magnet synchronous generator dikasih beban 12 volt maka arus akan muncul, perubahan nilai arus juga berbanding lurus dengan perubahan nilai rpm. Semakin besar nilai rpm maka nilai arus juga semakin besar

